

Docket No.: 392.1682/ JDH

3-7-01
J. D. Halsey, Jr.
#537-01
J. D. Halsey, Jr.

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

Atsushi WATANABE, et al.

Serial No.: 09/546,213

Filed: April 10, 2000

For: TEACHING MODEL GENERATING DEVICE



Group Art Unit: To Be Assigned

Examiner: To Be Assigned

Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, Applicants submit herewith a certified copy of each of the following foreign application:

Japanese Appn. No. 101890, filed April 8, 1999.

It is respectfully requested that Applicants be given the benefit of the earlier foreign filing date, as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements of 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY

Dated: 6/8/00

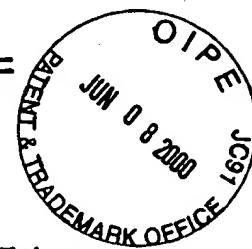
By:

James D. Halsey, Jr.
Registration No. 22,729

700 Eleventh Street, N.W.
Suite 500
Washington, D.C. 20001
(202) 434-1500

RECEIVED
SEP - 7 2000
TECHNOLOGY CENTER 2000

日本国特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application:

1999年 4月 8日

出願番号
Application Number:

平成11年特許願第101890号

出願人
Applicant(s):

ファナック株式会社

RECEIVED

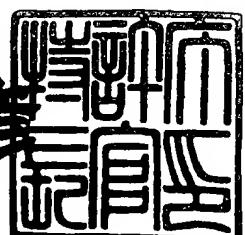
SEP - 7 2000

TECHNOLOGY CENTER 3700

2000年 4月 21日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近藤 隆彦



【書類名】 特許願
【整理番号】 P20056
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 B25J 19/04
【発明者】
【住所又は居所】 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファ
ナック株式会社 内
【氏名】 渡辺 淳
【発明者】
【住所又は居所】 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファ
ナック株式会社 内
【氏名】 有松 太郎
【特許出願人】
【識別番号】 390008235
【氏名又は名称】 フアナック株式会社
【代表者】 稲葉 清右衛門
【代理人】
【識別番号】 100082304
【弁理士】
【氏名又は名称】 竹本 松司
【電話番号】 03-3502-2578
【選任した代理人】
【識別番号】 100088351
【弁理士】
【氏名又は名称】 杉山 秀雄
【選任した代理人】
【識別番号】 100093425
【弁理士】
【氏名又は名称】 湯田 浩一

【選任した代理人】

【識別番号】 100102495

【弁理士】

【氏名又は名称】 魚住 高博

【選任した代理人】

【識別番号】 100101915

【弁理士】

【氏名又は名称】 塩野入 章夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 015473

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9306857

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 教示モデル生成装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 対象物を撮像手段により複数の方向から撮像し、それぞれの方向の画像データを取得し、前記各画像データに基づいて、前記対象物の前記各撮像方向の形状を認識する画像処理用の教示モデルを生成し記憶する装置であつて、

対象物が撮像手段のどちらか一方を定位置に固定し他方をロボットの可動部に固定するかハンドに把持させ、ロボットを動作させて前記撮像手段を前記対象物に対して相対的に複数の画像取込み位置に移動させて対象物を複数方向から撮像し前記対象物の画像データをそれぞれ取得し教示モデルとして記憶することを特徴とする教示モデル生成装置。

【請求項2】 対象物を撮像手段により複数の方向から撮像し、それぞれの方向の画像データを取得し、前記各画像データに基づいて、前記対象物の前記各撮像方向の形状を認識する画像処理用の教示モデルを生成し記憶する装置であつて、

対象物を第1のロボットの可動部に固定するかハンドに把持させ、撮像手段を第2のロボットの可動部に固定するかハンドに把持させ、ロボットを動作させて前記撮像手段を前記対象物に対して相対的に複数の画像取込み位置に移動させて対象物を複数方向から撮像し前記対象物の画像データをそれぞれ取得し教示モデルとして記憶することを特徴とする教示モデル生成装置。

【請求項3】 前記教示モデルはマッチング方式の画像処理に使用されることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の教示モデル生成装置。

【請求項4】 前記対象物を前記撮像手段によって捕らえた方向毎に教示モデルを作成し、該教示モデルを前記方向の情報と対応付けて記憶することを特徴とする請求項1乃至請求項3の内1項記載の教示モデル生成装置。

【請求項5】 撮像手段がカメラであることを特徴とする請求項1乃至請求項4の内1項記載の教示モデル生成装置。

【請求項6】 撮像手段は撮像手段と対象物の距離を複数の点で計測する3

次元視覚センサであることを特徴とする請求項1乃至請求項4の内1項記載の教示モデル生成装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、パターンマッチング処理によって対象物の位置姿勢を検出する方法に用いられる教示モデルの生成装置に関する。特に、検出対象物が3次元にその位置姿勢が変化しても対象物を検出することができるようにするための教示モデルの生成装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

検出対象物の2次元画像を予め教示モデルとして記憶しておき、平面上に載置された対象物をカメラ等の撮像手段で撮像して得られた画像データと教示モデルとのパターンマッチング処理を行い、対象物の位置姿勢を検出する方法、装置はすでに公知であり、ロボットにより機械部品や物品とのワークピースを自動的に把持し所定位置に搬送する作業等にこの対象物検出方法、検出装置が使用されている。

しかし、同一形状のワークピースが乱雑に山積みされた中から、又は、所定領域内に任意の3次元的に異なる位置姿勢で収納されているワークビスの集合から個々のワークピースを取出す作業はロボットによってできず、人手によって行われている。ロボットを使用する場合は、乱雑に山積みされたワークピースから人手により1つ1つ取り出し整列配置させてロボットが直接ワークピースを取り出せるようにしておく必要がある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

同一形状のワークピースが山積みの中から、又は多数のワークピースが所定領域内に任意の3次元的に異なる位置姿勢で収納されている中から個々のワークピースをロボットで取り出すことができない理由は、山積みされたワークピースの位置姿勢を把握できないことから、ロボットで個々のワークピースを把持できる

位置姿勢に制御することができないことに起因する。

【0004】

そこで、山積みされ若しくは所定領域内に任意の3次元的に異なる位置姿勢ので収納されている同一形状のワークピースに対して個々のワークピースの3次元位置、姿勢（方向）を検出する装置が開発されている。この対象物の3次元位置、姿勢（方向）を検出する装置は、予め検出しようとする同一形状の1つのワークピースに対して異なった方向からカメラで撮像しその画像データにより教示モデルを複数記憶すると共に各教示モデルとワークピースとの相対位置姿勢を記憶しておき、山積みされた同一形状のワークピースをカメラで撮像して得られた画像データに対して、各教示モデルとパターンマッチング処理を行い、マッチング値の高い教示モデルを選択し、この選択教示モデルに対して記憶する教示モデルとワークピースとの相対位置姿勢より検出対象のワークピースの位置、姿勢（方向）を検出するものである。

【0005】

上述した、対象物の3次元位置姿勢を検出する画像処理装置は、ワークピースを複数の方向から撮像して得られる複数の教示モデルを必要とする。

【0006】

そこで、本発明の課題は、対象物の3次元位置姿勢を検出する画像処理装置に用いられる教示モデルの生成装置を得ることにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本願各発明は、対象物を撮像手段により複数の方向から撮像し、それぞれの方向の画像データを取得し、前記各画像データに基づいて、前記対象物の前記各撮像方向の形状を認識する画像処理用の教示モデルを生成し記憶する装置に関するものである。そして、請求項1に係わる発明は、対象物か撮像手段のどちらか一方を定位置に固定し他方をロボットの可動部に固定するかハンドに把持させ、ロボットを動作させて前記撮像手段を前記対象物に対して相対的に複数の画像込み位置に移動させて対象物を複数方向から撮像し前記対象物の画像データをそれぞれ取得し教示モデルとして記憶するものである。

【0008】

又、請求項2に係わる発明は、対象物を第1のロボットの可動部に固定するかハンドに把持させ、撮像手段を第2のロボットの可動部に固定するかハンドに把持させ、ロボットを動作させて前記撮像手段を前記対象物に対して相対的に複数の画像取込み位置に移動させて対象物を複数方向から撮像し前記対象物の画像データをそれぞれ取得し教示モデルとして記憶するようにしたものである。

【0009】

請求項3に係わる発明は、前記教示モデルをマッチング方式の画像処理に使用するようにしたものであり、請求項4に係わる発明は、特に、前記対象物を前記撮像手段によって捕らえた方向毎に教示モデルを作成し、該教示モデルを前記方向の情報と対応付けて記憶するようにしたものである。又、請求項5に係わる発明は、撮像手段をカメラに限定したものであり、請求項6に係わる発明は、撮像手段を撮像手段と対象物の距離を複数の点で計測する3次元視覚センサに限定したものである。

【0010】

【発明の実施の形態】

本発明の一実施形態としてロボットシステムによって構成した例を以下説明する。図1は、同一形状のワークピースが多数山積みされている状態からこのワークピースをロボット等で自動的に把持しピッキングするような場合、対象物のワークピースの3次元位置姿勢を検出するための教示モデルを教示するために用いられる、本発明の第1の実施形態を示す概要図である。このワークピースの1つを所定位置に固定し、ロボットRBのハンドで把持されるか若しくはロボット可動部に固定された撮像デバイス20で複数の方向から撮像し、得られた画像データから対象物の教示モデルを生成するものである。例えば、図4に示すようにワークピースWに対して4方向から撮像しこの4つの画像データからそれぞれ教示モデルを生成する。

【0011】

図5は、本実施形態におけるロボットRBの制御装置の要部ブロック図であり、従来のロボット制御装置と同一構成である。符号8で示されるバスに、メイン

プロセッサ（以下単にプロセッサという。）1、RAM、ROM、不揮発性メモリ（EEPROMなど）からなるメモリ2、教示操作盤用インターフェイス3、外部装置用のインターフェイス6、画像処理装置との通信インターフェイス7及びサーボ制御部5が接続されている。又、教示操作盤用インターフェイス3には教示操作盤4が接続されている。

【0012】

ロボット及びロボット制御装置の基本機能をささえるシステムプログラムは、メモリ2のROMに格納されている。又、アプリケーションに応じて教示されるロボットの動作プログラム並びに関連設定データは、メモリ2の不揮発性メモリに格納される。そして、メモリ2のRAMは、プロセッサ1が行う各種演算処理におけるデータの一時記憶の記憶領域として使用される。

【0013】

サーボ制御部5は、サーボ制御器5a1～5an（n：ロボットの総軸数にロボット手首に取り付けるツールの可動軸数を加算した数）を備えており、プロセッサ、ROM、RAM等で構成され、各軸を駆動するサーボモータの位置・速度のループ制御、さらには電流ループ制御を行っている。いわゆる、ソフトウェアで位置、速度、電流のループ制御を行うデジタルサーボ制御器を構成している。サーボ制御器5a1～5anの出力は各サーボアンプ5b1～5bnを介して各軸サーボモータM1～Mnを駆動制御する。なお、図示はしていないが、各サーボモータM1～Mnには位置・速度検出器が取り付けられており、該位置・速度検出器で検出した各サーボモータの位置、速度は各サーボ制御器5a1～5anにフィードバックされるようになっている。又、入出力インターフェイス6には、ロボットに設けられたセンサや周辺機器のアクチュエータやセンサが接続されている。

【0014】

図6は、ロボット制御装置のインターフェイスに接続される画像処理装置30のブロック図である。プロセッサ31を備え、該プロセッサ31にはバス40を介してこのプロセッサ31が実行するシステムプログラム等を記憶するROM32、画像処理プロセッサ32、撮像デバイスに接続された撮像デバイスインターフェイス34、各種指令やデータを入出力するためのCRTや液晶等の表示手段

付MDI35、画像メモリ36、不揮発性メモリ37、データの一時記憶等に利用されるRAM38、ロボット制御装置10に接続された通信インターフェイス39が接続されている。撮像デバイス20で撮像された画像は、画像メモリ26に格納される。画像処理プロセッサ33は、画像メモリに格納された画像をプロセッサ31の指令により画像処理して対象物を認識する。この画像処理装置30の構成、作用は従来の画像処理装置と同一であり差異はない。ただし、本発明に関連し、不揮発性メモリ37に後述する教示モデルが記憶されること、及びこの教示モデルを用いて撮像デバイス20で撮像したワークピースの山の画像データに対してパターンマッチング処理を行い、ワークピースの3次元位置姿勢を求める点に、この画像処理装置30は特徴がある。

【0015】

撮像デバイス20は、後述するように画像データを得るものであるが、この撮像デバイス20としては、2次元画像を得るCCDカメラでも、又、距離データを測定できる視覚センサでもよい。CCDカメラの場合には撮像して得られた2次元画像より画像データを従来から公知の方法で得るが、距離データを測定できる視覚センサの場合は、センサと対象物との距離データを要素とした2次元配列データを画像データとして得るものである。この距離データを測定できる視覚センサは、例えば、特開平7-270137号公報に記載されたスポット光走査型3次元視覚センサ等で公知であるので、簡単にこの3次元視覚センサについて述べる。

【0016】

この視覚センサは、2台のスキャナによって任意の方向(X方向、Y方向)にスポット状の光を照射して対象物上に照射された光ビームを、位置検出型の検出器(PSD)で測定することによって光ビームの位置を計測するものである。2台のスキャナのミラーの偏向角度 θ_x 、 θ_y とPSD上の受光位置からビームが照射された対象物の3次元位置が計算して求められるものである。

【0017】

この3次元視覚センサを用いて、画像データとして、距離データを要素とする2次元配列データを得る方法について、図11から図13を参照しながら簡単に

説明する。

【0018】

対象物に対する走査範囲（計測範囲）が予め決められており、スキャナのミラーの偏向角度 θ_x 、 θ_y をディスクリートに制御して、図11に示すように、この走査範囲のX、Y平面における点(1, 1)から点(1, n)、点(2, 1)から点(2, n)、・・・点(m, 1)から点(m, n)と走査して各点における3次元位置を測定し、各点(i, j)におけるこのセンサとビームが照射された点の対象物間の距離Z(i, j)を求め、画像処理装置30のRAM38に格納する。こうして図12に示すような、センサと対象物に照射されたビームの点間の距離データZ(i, j)を要素とする2次元配列データを画像データとして得る。

【0019】

図13は、この画像データを得るために画像処理装置30のプロセッサ31が実行する処理のフローチャートである。

まず、指標i、jを「1」にセットし（ステップ500）、予め決められた計測範囲の始点y1, x1（図11における点(1, 1)）に対応するミラーの偏向角度 θ_x 、 θ_y をセンサ20に送出し照射指令を出力する（ステップ501～503）、センサ20は、ミラーをこの偏向角度に設定し、光ビームを照射する。そしてPSDで得られた信号を画像処理装置30に出力する。画像処理装置30のプロセッサ31は、このPSDからの信号と指令したミラーの偏向角度 θ_x 、 θ_y より、対象物に照射されたビームの位置を計算し、このセンサとこのビームが照射された位置との距離Z(i, j)を計算し、この値をRAM28に2次元配列データ[i, j]として格納する（ステップ504, 505）。なお、対象物に照射されたビームの位置を計算し及び距離Z(i, j)の計算をセンサ20側で行うようにしてもよい。

【0020】

次に指標iを「1」インクリメントし、X軸方向走査のミラーの偏差角度 θ_x を設定所定量 Δx だけ増加させ（ステップ506, 507）、指標iが設定値nを越えたか判断し（ステップ508）、越えてなければステップ503に戻り、

該ステップ503からステップ508の処理を行い次の点の距離Z(i,j)を求める。以下、指標iが設定値nを越えるまでステップ503～ステップ508の処理を実行し、図11における点(1, 1)から点(1, n)までの各点における距離Z(i,j)を求めて記憶する。

【0021】

ステップ508で指標iが設定値nを越えたことが判別されると、指標iを「1」にセットしつつ指標jを「1」インクリメントして、Y軸方向走査のミラーの偏差角度θyを設定所定量Δyだけ増加させる(ステップ509～511)。そして、指標jが設定値mを越えたか判断し(ステップ512)、越えてなければステップ502に戻り前述したステップ502以下の処理を実行する。

【0022】

このようにして、指標jが設定値mを越えるまでステップ502～512の処理を繰り返し実行する。指標jが設定値mを越えると、図11に示す計測範囲(走査範囲)を全て計測したことになり、RAM28には、2次元配列データである距離データZ(1, 1)～Z(m, n)が記憶され、画像データ取得処理は終了する。

【0023】

以上が、距離データを測定できる視覚センサによる画像データとしての2次元配列データを得る処理である。こうして得られた2次元配列データを画像データとして用い、教示モデルを作成してもよいが、説明を簡単にするために、画像データを取り込むためのデータ取込み手段としての撮像デバイスにCCDカメラを用いて、このカメラ20で対象物を撮像して得られた画像データを用いるものとして以下説明する。

【0024】

上述した、ロボット制御装置10、画像処理装置30による構成される本実施形態の教示モデル生成装置による教示モデルの生成動作処理を図7に示す動作処理フローチャートと共に説明する。

ロボット制御装置10の教示操作盤4から固定位置に置かれたワークピースに対してワーク座標系を設定し、これをロボット制御装置10に記憶される。すな

わち、ロボットに設けられているワールド座標系から見たワーク座標系の座標変換行列を設定する（ステップ100）。次に、ロボット手先に取り付けられたカメラのキャリブレーションを行いロボット手先のフランジ面中心からカメラ取り付け位置姿勢をロボット制御装置10に設定する。これにより、カメラ座標系がロボットに設定されることになる（ステップ101）。

【0025】

次に、ワークピースWに対して、ロボット手首先端に取り付けられたカメラ20で撮像する最初（第0番目）の位置姿勢と、次以降に撮像する位置姿勢を特定するため、該最初の位置姿勢からカメラを回転させる回転軸と回転角を設定し、かつ、その撮像位置姿勢の数Nをも設定する（ステップ103）。例えば、図4に示すようにワークピースWに対して4方向から撮像しこの4つの画像データからそれぞれ教示モデルを生成する。図4（a）に示す第0番目の撮像位置姿勢では、ワークピースWを真上のワールド座標系Z軸方向から撮像した画像データからの教示モデルである。次の撮像位置姿勢は、このカメラ位置において、ワークピースの配置位置（ワーク座標系の原点）を通りカメラの中心軸方向に対して垂直方向の軸周りに回転させる回転角を設定する。最初（第0番目）の位置姿勢でワールド座標系のZ軸とカメラの中心軸を平行とした場合には、ワールド座標系のX軸、Y軸は垂直であるから、このうちどちらかの軸周りにワークピース位置を中心に回転させる。図4（b）に示す例では、ワールド座標系X軸まわりに30度回転するものとして設定し、そのとき撮像して得られる画像データから教示モデルを生成するものである。同様に、図4（c）、（d）は、ワークピースの配置位置を通りワールド座標系のX軸と平行な軸周りにカメラ20をそれぞれ60度、90度回転させたときの画像データから教示モデルを生成するものである。以下、この4つの教示モデルを得るものを例に取り説明する。なお、この例では、0度、30度、60度、90度の4つの教示モデルとしたが、この回転角の刻みを小さくし、さらに多くの教示モデルを得るようにしておけば、さらに精度のよいワークピースの3次元位置姿勢を検出することができる。

【0026】

上述したように、ロボット手首先端に取り付けたカメラ20で最初（第0番目

)に撮像するロボットの位置姿勢と回転中心軸となる軸及び回転角を教示し、かつその数Nを設定する。説明をわかりやすくするために、所定位置に所定姿勢で配置されたワークピースWに対し、カメラの中心軸がワールド座標系のZ軸と平行で、ワークピースWのワールド座標系上のX、Y軸座標値と同一でZ軸のみが異なる位置を第0番目の教示モデル撮像位置姿勢として教示し、さらに、ワークピースWの配置位置を通り、ワールド座標系X軸と平行な軸周りに30度、60度、90度回転させた位置を第1、第2、第3の撮像位置姿勢として設定する。又撮像位置の数Nを「4」と設定する。

【0027】

そして、教示モデル取得指令を教示操作盤4から入力すると、ロボット制御装置10のプロセッサ1は、撮像回数を係数するカウンタMを「0」にセットし(ステップ103)、ロボットを稼働し第M(=0)番目の位置姿勢に移動させ、画像処理装置30へカメラでの撮像指令を出力する(ステップ104)。画像処理装置30では、この指令を受けてカメラ20でワークピースを撮像し、その画像データを画像メモリ36に格納するが、さらに、この画像データからM番目の教示モデルを生成し不揮発性メモリ37に格納する(ステップ105)。さらに、ワーク座標系の位置姿勢をカメラ座標系から見た座標変換行列として計算し、カメラとワークピースとの相対位置姿勢を求めM番目の教示モデルの相対位置姿勢として不揮発性メモリ37に格納し、データ取得信号をロボット制御装置に送る(ステップ106)。例えば、カメラ座標系の位置姿勢として[x0, y0, z0, α0, β0, γ0]cとして記憶される。なおα、β、γはそれぞれX、Y、Z軸周りの回転角を意味し、「c」はカメラ座標系を意味する。

【0028】

次に、データ取得信号を受信するとロボット制御装置10のプロセッサ1は、カウンタMを「1」インクリメントし(ステップ107)、該カウンタMの値が設定値N(=4)より小さいか判断し(ステップ108)、小さければ、(ステップ104に戻り第M番目の撮像位置姿勢にロボットを移動させる。すなわち、図4に示す上述した例では、ワークピース配置位置を通りワールド座標系のX軸と平行な軸周りに30度をカメラを回転させ撮像を行い教示モデルとそのときの

カメラとワークピースとの相対位置姿勢を記憶する。

【0029】

以下、カウンタMの値が設定値N (= 4) になるまで、ステップ104～108の処理を行い、教示モデルとカメラとワークピースとの相対位置姿勢を不揮発性メモリに記憶する。上述した例では教示モデルとしては、図4 (a)～(d)の画像から生成したものが記憶され、その教示モデルに対してそれぞれカメラとワークピースとの相対位置姿勢としての、カメラ座標系のワークピースWの位置姿勢として $[x_0, y_0, z_0, \alpha_0, \beta_0, \gamma_0] c$ 、 $[x_1, y_1, z_1, \alpha_1, \beta_1, \gamma_1] c$ 、 $[x_2, y_2, z_2, \alpha_2, \beta_2, \gamma_2] c$ 、 $[x_3, y_3, z_3, \alpha_3, \beta_3, \gamma_3] c$ が記憶される。

以上のようにして、画像処理装置30の不揮発性メモリ37には教示モデルとカメラとワークピースとの相対位置を記憶されることになる。

【0030】

図2は、本発明の第2の実施形態を示す概要図である。図1に示す第1の実施形態と相違する点は、カメラ20が固定位置に置かれ、対象物のワークピースWがロボット手首先端に取り付けられたハンドで把持するか、若しくはロボット可動部に固定し、教示モデルを設定記憶させるようにした点である。ロボット制御装置10及び画像処理装置(画像処理装置)30の構成は同一であり、教示モデルを教示生成するための処理が異なるのみである。この教示動作処理のフローを図8に示す。

【0031】

まず、固定位置に置かれたカメラ20のキャリブレーションを行いカメラ座標系をロボット制御装置10のメモリ2に記憶させる(ステップ200)。これにより、ロボットワールド座標系から見たカメラ座標系の座標変換行列が得られる。さらに、ロボットハンドが把持した(若しくはロボット可動部に固定された)ワークピースに想定した座標系(ワーク座標系)のロボット手先のフランジ面中心から見た位置姿勢を計測しロボット制御装置10に設定しメモリ2に記憶させる。これにより、ロボットが任意の位置にいる時のワークピースに想定した座標系(ワーク座標系)の位置姿勢をロボットが認識できることになる。

【0032】

さらに第1の実施形態と同様に、固定位置のカメラ20で撮像する、ロボットハンドに把持されたワークピースWの最初（第0番目）の位置姿勢と、次以降に撮像する位置姿勢を特定するため該最初の位置姿勢からワークピースを固定位置のカメラ20に対して回転させる回転軸と回転角を設定する（ステップ202）。

【0033】

第1の実施形態と同様に、ワールド座標系X軸と平行な軸周りにカメラ20を中心³に30度、60度、90度それぞれロボットハンドで把持したワークピースを回転させた位置姿勢を第1、第2、第3の撮像位置として設定する。又撮像位置の数Nを「4」と設定すれば、第1の実施形態と同様の図4に示すような教示モデルを得ることができる。

【0034】

そして、教示モデル取得指令を教示操作盤4から入力すると、ロボット制御装置10のプロセッサ1は、カウンタMを「0」にセットし、ロボットを動作させ第M（=0）番目の位置姿勢にワークピースWを移動させ、画像処理装置30へカメラ20での撮像指令を出力する（ステップ203、204）。画像処理装置30では、この指令を受けてカメラでワークピースWを撮像し、その画像データからM番目の教示モデルを生成し不揮発性メモリ37に格納する。さらに、ワークピースに想定した座標系（ワーク座標系）の位置姿勢をカメラ座標系から見た座標変換行列として計算し、カメラとワークピースとのM番目の教示モデルの相対位置姿勢として不揮発性メモリ37に格納し、データ取得信号をロボット制御装置に送る（ステップ204～206）。

【0035】

データ取得信号を受信するとロボット制御装置10のプロセッサ1は、カウンタMを「1」インクリメントし（ステップ207）、該カウンタMの値が設定値N（=4）より小さいか判断し（ステップ208）、小さければ、ステップ204に戻り第M番目の撮像位置姿勢にロボットを移動させる。

【0036】

以下、カウンタMの値が設定値N (= 4) になるまで、ステップ204～208の処理を行い、第1の実施形態と同様に教示モデルとカメラとワークピースとの相対位置姿勢を不揮発性メモリに記憶することになる。

【0037】

図3は、本発明の第3の実施形態の概要図である。この第3の実施形態は、カメラも対象物のワークピースもロボットの可動部に固定するかハンドで把持して教示モデルを生成するものである。この実施形態においては、第1、第2のロボットRB1、RB2の各ロボット制御装置は、図5に示す構成ほぼ同一であるが、この2つのロボット制御装置間が通信インターフェイスで接続されていること、及び、画像処理装置30が第2のロボット制御装置のみに接続されている点に相違するのみである。又画像処理装置30の構成も図6に示すものと同一である。

【0038】

第1のロボットRB2のハンドには対象物のワークピースWを持たせ、第2のロボットRB1の手先にはカメラ20を取り付ける。そして、第1のロボットRB1のワールド座標系から見た第2のロボットRB2のワールド座標系の位置姿勢を計測し、座標変換行列(A)として求め第1のロボット制御装置に記憶させる(ステップ300)。

【0039】

さらに、第1のロボットRB1のハンドで把持したワークピースWに想定された座標系(ワーク座標系)のロボット手先のフランジ面中心から見た位置姿勢の座標変換行列(B)を第1のロボット制御装置に設定し記憶させる(ステップ301)。又、第2のロボットRB1の手先に取り付けたカメラ20のキャリブレーションを行い第2のロボット手先のフランジ面中心からカメラ座標系への変換行列(C)を第1のロボット制御装置に設定し記憶させる(ステップ302)。

【0040】

さらに第1、第2の実施形態と同様に、カメラ20で最初に撮像するワークピースWとカメラ20が最初(第0番目)の相対位置姿勢となるように第1、第2のロボットの位置姿勢を各ロボット制御装置に設定し、続いて、第1番目、第2

番目、・・・第*i*番目・・の位置姿勢をそれぞれ設定し、かつその数Nも設定する。この実施形態においても、最初の位置姿勢からワークピースWを把持した第1のロボットRB1の位置姿勢は変えずにカメラが取り付けられた第2のロボットRB20を動作させ、ワークピースWに対して回転させるか、第2のロボットRB20の位置姿勢を変えずにカメラ20を固定し、第1のロボットRB20を動作させ、ワークピースWを回転させるか、どちらか一方を回転させるか若しくは両方とも回転させ、相対的に設定回転角だけ回転させるように設定する。又回転軸は、カメラ20の中心軸に直交する各ワールド座標系平行する軸で互いに相手の中心位置（カメラ座標系の原点、ワーク座標系の原点）を通る軸を設定する。例えば、図3に示す例では、各ワールド座標系のZ軸（垂直軸）周りにワークピースW又はカメラ20を中心回転させる角度を設定する。設定を簡単にするには、カメラ20かワークピースWの一方を固定し、他方を回転させるようすればよいが、回転のために動作させるロボットの移動が困難である時や移動できないような場合には、固定されていたカメラ若しくはワークピース側のロボットを駆動してワークピースとカメラが相対的に設定した位置姿勢関係になるよう設定する。（ステップ303）。

【0041】

そして、教示モデル取得指令をどちらか一方のロボット制御装置の教示操作盤4から入力すると、各ロボットRB1、RB2のロボット制御装置10のプロセッサ1は、カウンタMを「0」にセットし、ロボットを動作させ第M（＝0）番目の位置姿勢にワークピースWを移動させ、画像処理装置30へカメラ20での撮像指令を出力する（ステップ304、305）。画像処理装置30では、この指令を受けてカメラでワークピースWを撮像し、その画像データからM番目の教示モデルを生成し、不揮発性メモリ37に格納する（ステップ306）。

【0042】

さらに、この画像取り込み時における第1のロボットの位置姿勢とステップ301で求め設定されている座標変換行列（B）より、ワークピースWに想定した座標系の位置姿勢を第1のロボットのワールド座標系から見た座標変換行列（D）として求め、さらに、第2のロボットの位置姿勢とステップ302で求め設定

されている座標変換行列（C）より、カメラ座標系から見た位置姿勢を第2ロボットのワールド座標系から見た座標変換行列（E）として求める（ステップ307）。こうして求めた座標変換行列（D）、（E）、及びステップ300で設定されている座標変換行列（A）より、下記1式の演算を行って、ワークピースWに想定されている位置姿勢をカメラ座標系から見た座標変換行列（F）に変換し、第M番目の相対位置姿勢として記憶しデータ取得信号を両ロボット制御装置に出力する。

【0043】

$$(F) = (E)^{-1} (A)^{-1} (D) \dots \quad (1)$$

データ取得信号を受信すると各ロボット制御装置10のプロセッサ1は、カウンタMを「1」インクリメントし（ステップ308）、該カウンタMの値が設定値N（=4）より小さいか判断し（ステップ309）、小さければ、ステップ305に戻り第M番目の撮像位置姿勢にロボットを移動させる。

【0044】

以下、カウンタMの値が設定値N（=4）になるまで、ステップ305～310の処理を行い、第1、第2の実施形態と同様に教示モデルとカメラ20とワークピースWとの相対位置姿勢を不揮発性メモリ37に記憶することになる。

【0045】

以上、教示モデルの生成について3つの実施形態を述べたが、こうして得られた教示モデルを利用して、例えば、ワークピースWが山積みされた山から個々のワークピースを取り出すピッキング作業を開始する例について次に説明する。

【0046】

ロボット手先には、カメラが取り付けられると共にハンドが取り付けられている。そして、ロボット制御装置10に教示操作盤等からピッキング指令が入力されると、プロセッサ1は、図10に示すピッキング作業の動作処理を開始する。まず、教示されているロボット先端手首に取り付けられているカメラを山積みされたワークピースが該カメラの視野にいる撮像位置へロボットを移動させ、該カメラのワールド座標系上の3次元位置姿勢を画像処理装置30へ出力すると共に撮像指令を出力する（ステップ400、401）。画像処理装置30のプロセッ

サ31は、撮像指令を受信し、ワークピースの山を撮像し幾つかのワークピースの画像データを得て画像メモリ36に記憶する（ステップ402）。

【0047】

続いて、画像メモリに記憶した画像データに対して不揮発性メモリ37に設定記憶されている教示モデルの1つ（第0番目の教示モデル）を使用してパターンマッチング処理を行いワークピースの検出を行い（ステップ403）。このパターンマッチング処理では、ワークピースの画像内の位置、回転及びスケールの変化を検出するマッチング処理を行う。そして、マッチング値が設定基準値以上のものが検出されたか判断し（ステップ404）、基準値以上のものが検出されなければ、全教示モデル（第0～第3番目の教示モデル）に対してパターンマッチング処理を行ったか判断し（ステップ405）、行っていなければ、他の教示モデルによりパターンマッチングの処理を行う（ステップ406）。こうして、ステップ404で、いずれかの教示モデルに対してマッチング値が設定基準値以上のワークピースの画像データが検出されると、この検出したワークピースの画像データに対して他の教示モデルで全てマッチング処理を行う。すなわち、検出されたワークピースの画像データに対して、設定記憶されている教示モデルの全てとパターンマッチング処理を行う（ステップ407）。このパターンマッチング処理によって得られたマッチング値が一番高い教示モデルを選択し、この選択教示モデルに対応して記憶するカメラとワークピースとの相対位置姿勢と、選択した教示モデルに対するマッチング処理での画像ないの位置、回転及びスケールの変化量とにより最終的なカメラとワークピースとの相対位置姿勢として得られる（ステップ408）。そして、この相対位置姿勢とステップ401の処理で送られてきているカメラのワールド座標系における位置姿勢からワークピースのワールド座標系上の位置姿勢を求め出力する。すなわち、ワークピースとカメラの相対位置姿勢は、カメラ座標系からみたワークピースの位置姿勢であるから、この位置姿勢のデータと、カメラのワールド座標系における位置姿勢のデータにより座標変換の演算を行うことによりワールド座標系上の検出ワークピースの位置姿勢が求められる（ステップ409）。

【0048】

ロボット制御装置10は送られて来た検出ワークピースWの3次元位置姿勢に基づき、ロボットを動作させ従来と同様にこの検出ワークピースをピッキングして教示された所定の位置に移動される（ステップ410）。そして、ステップ402に戻り、ステップ402以下の処理を繰り返し実行する。

全てのワークピースがワークピースの山からピッキングされなくなると、ステップ403～406の処理で、全ての教示モデルに対してパターンマッチング処理をしても設定基準値以上のマッチング値を得ることができないから、このピッキング作業は終了する。

【0049】

【発明の効果】

本発明は、対象物が3次元にその位置姿勢が変わってもその対象物を認識識別し対象物の位置姿勢を検出する画像処理装置等に利用される教示パターンをロボットを使用して簡単に生成することができるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施形態の概要を説明する説明図である。

【図2】

本発明の第2の実施形態の概要を説明する説明図である。

【図3】

本発明の第3の実施形態の概要を説明する説明図である。

【図4】

各実施形態における教示モデルの例を示す図である。

【図5】

各実施形態におけるロボット制御装置の要部ブロック図である。

【図6】

各実施形態における画像処理装置の要部ブロック図である。

【図7】

第1の実施形態における教示モデルを生成する動作処理フローである。

【図8】

第2の実施形態における教示モデルを生成する動作処理フローである。

【図9】

第3の実施形態における教示モデルを生成する動作処理フローである。

【図10】

ピッキング作業の動作処理フローである。

【図11】

本発明の実施形態に用いる距離データを測定できる視覚センサの動作説明図である。

【図12】

同距離データを測定できる視覚センサによって得る画像データとしての距離データを要素とする2次元配列データの説明図である。

【図13】

同画像データとしての2次元配列データの取得処理のフローチャートである。

【符号の説明】

10 ロボット制御装置

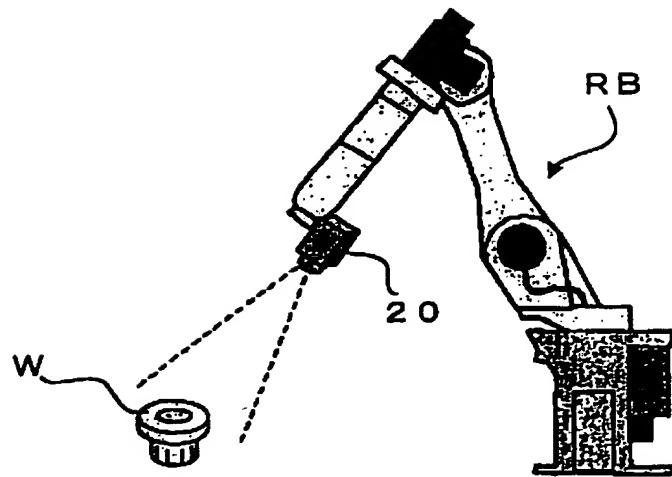
20 カメラ

30 画像処理装置

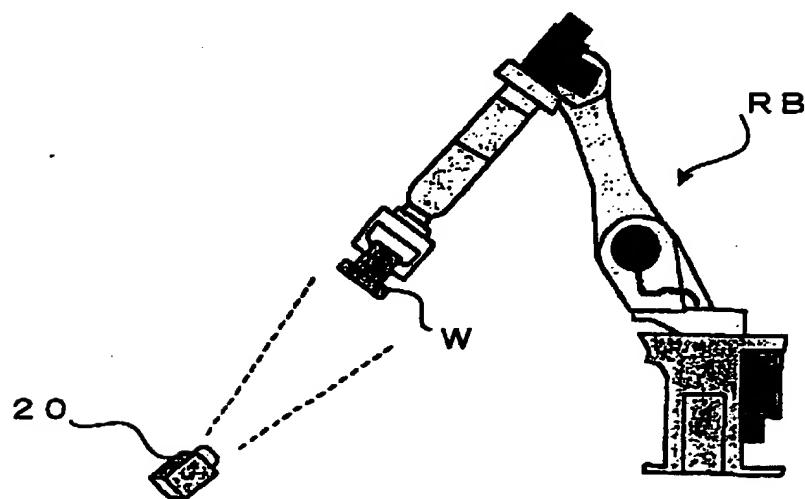
W ワークピース

【書類名】 図面

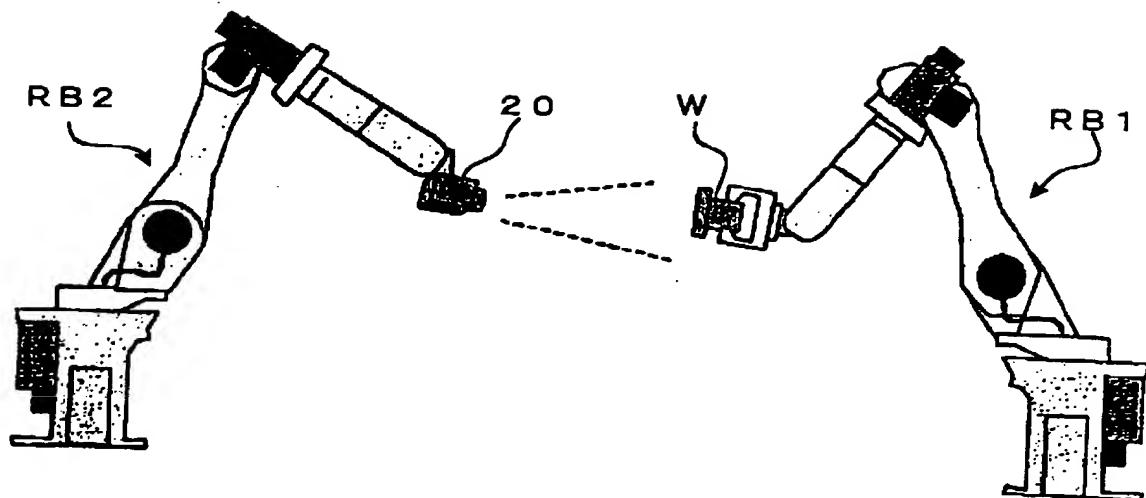
【図1】



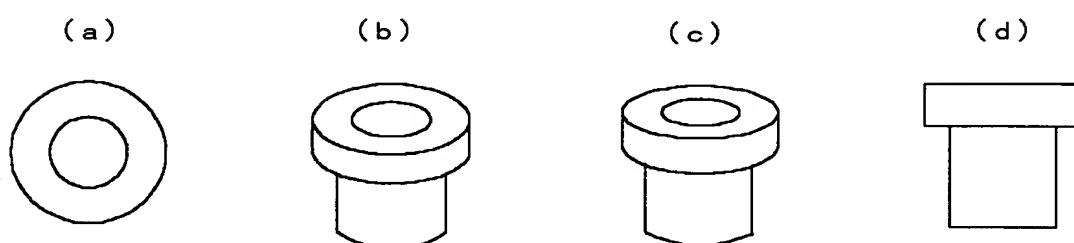
【図2】



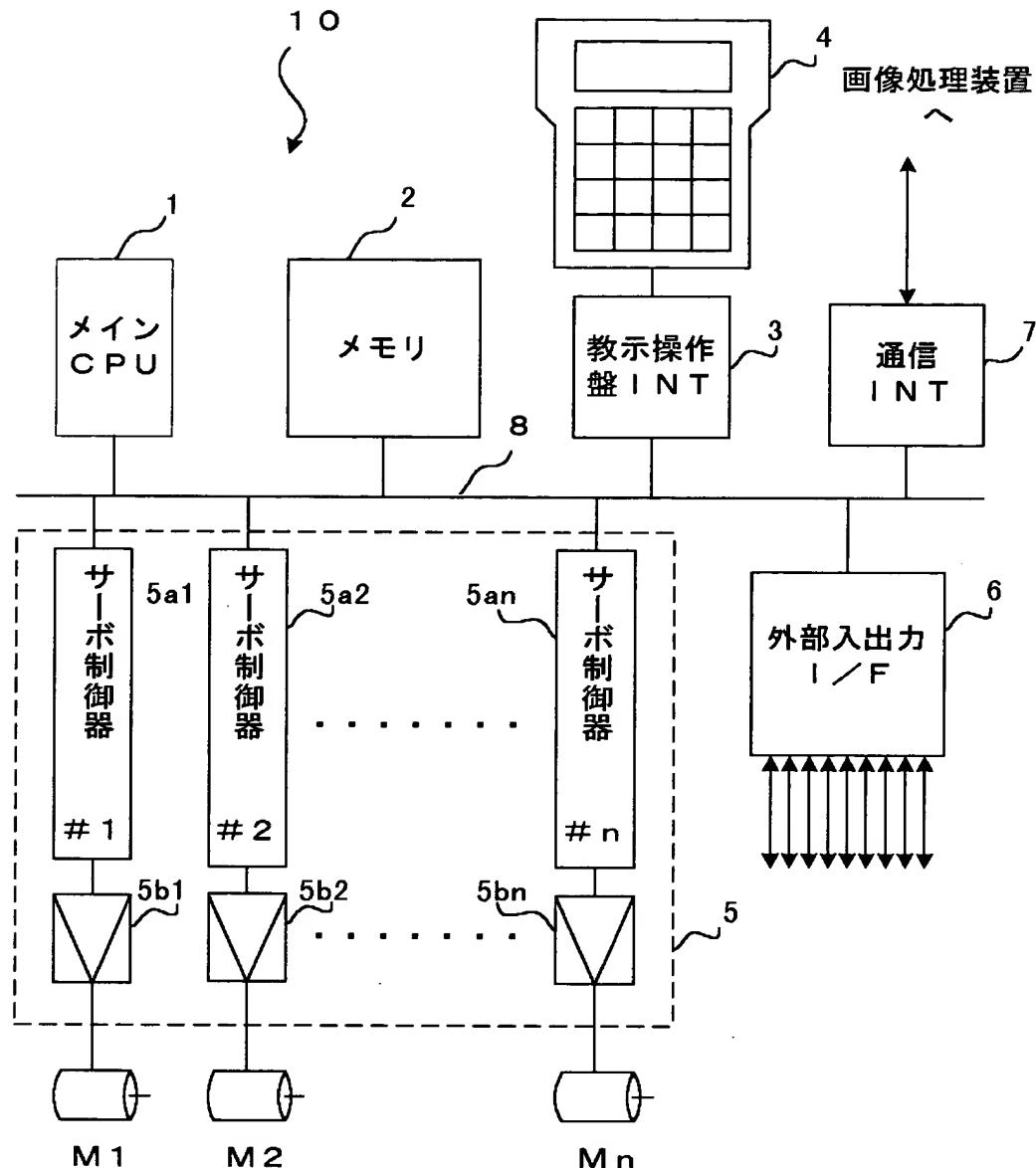
【図3】



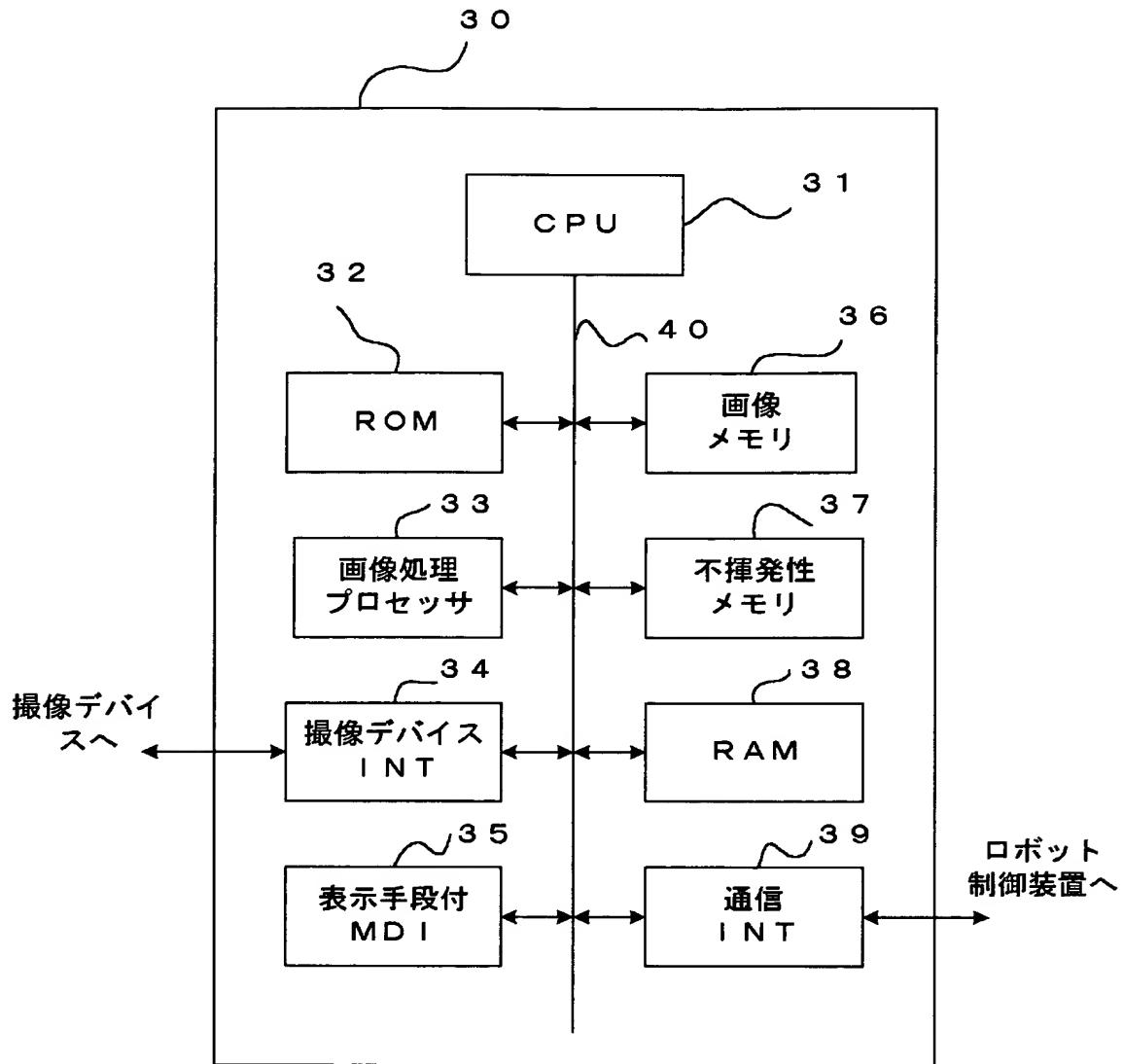
【図4】



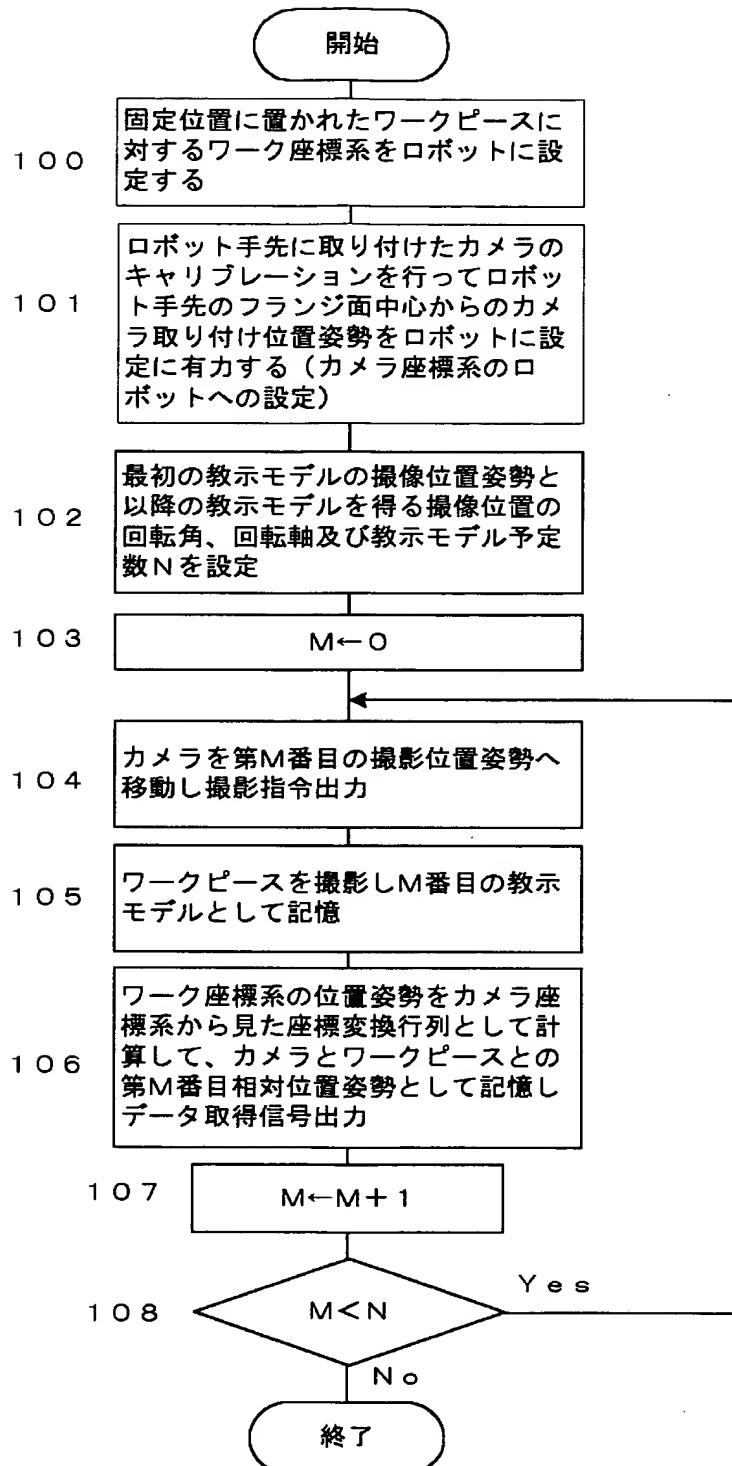
【図5】



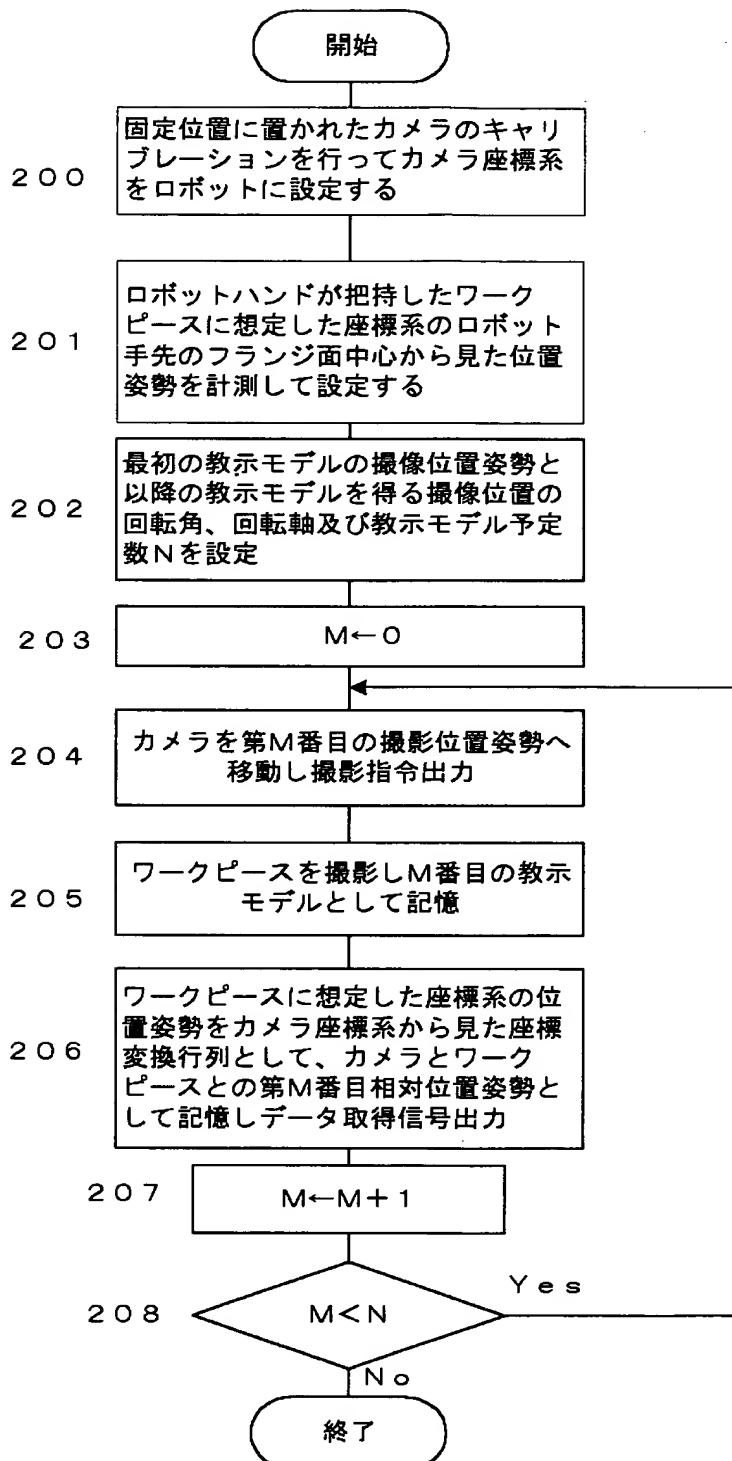
【図 6】



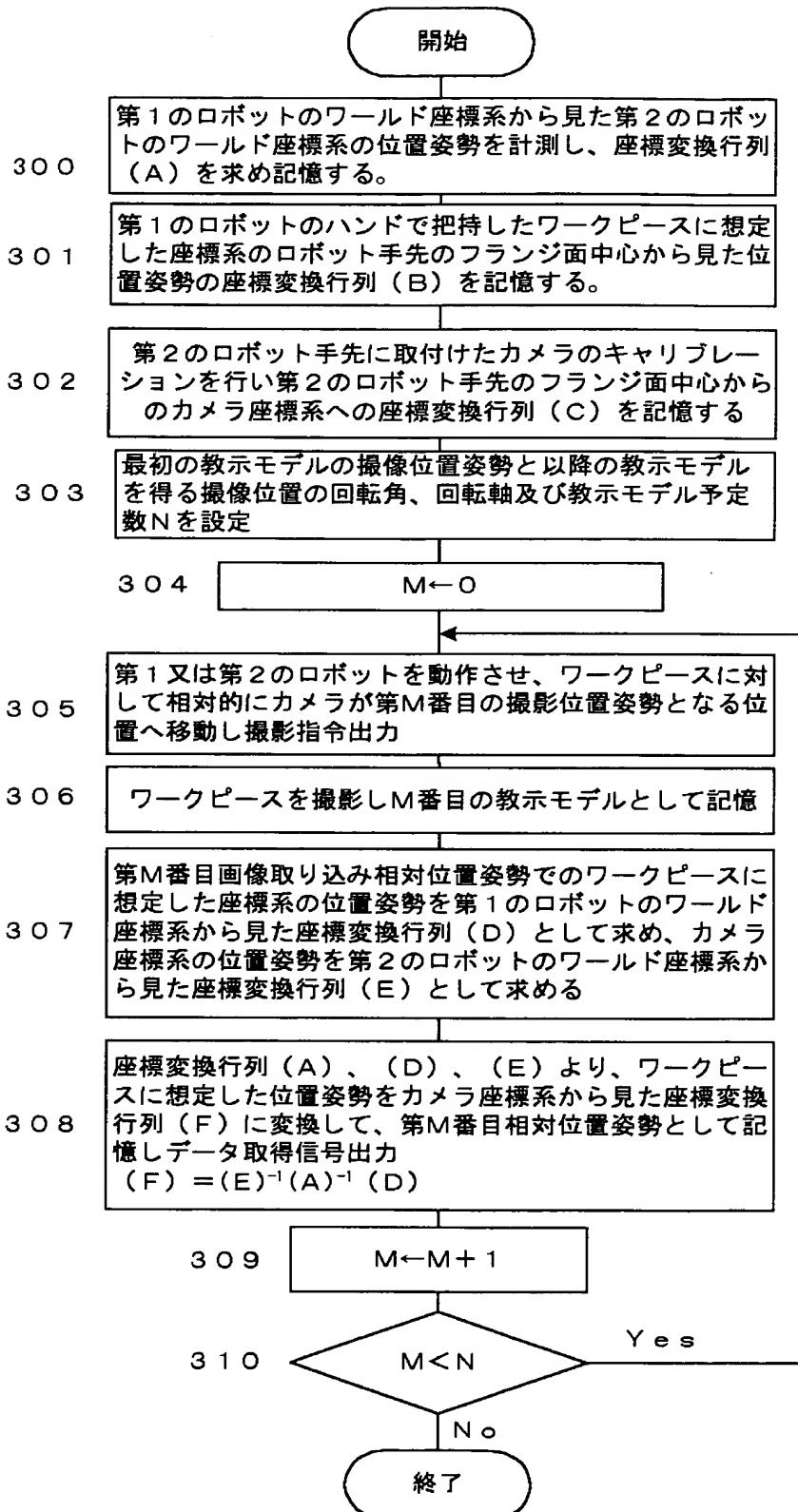
【図7】



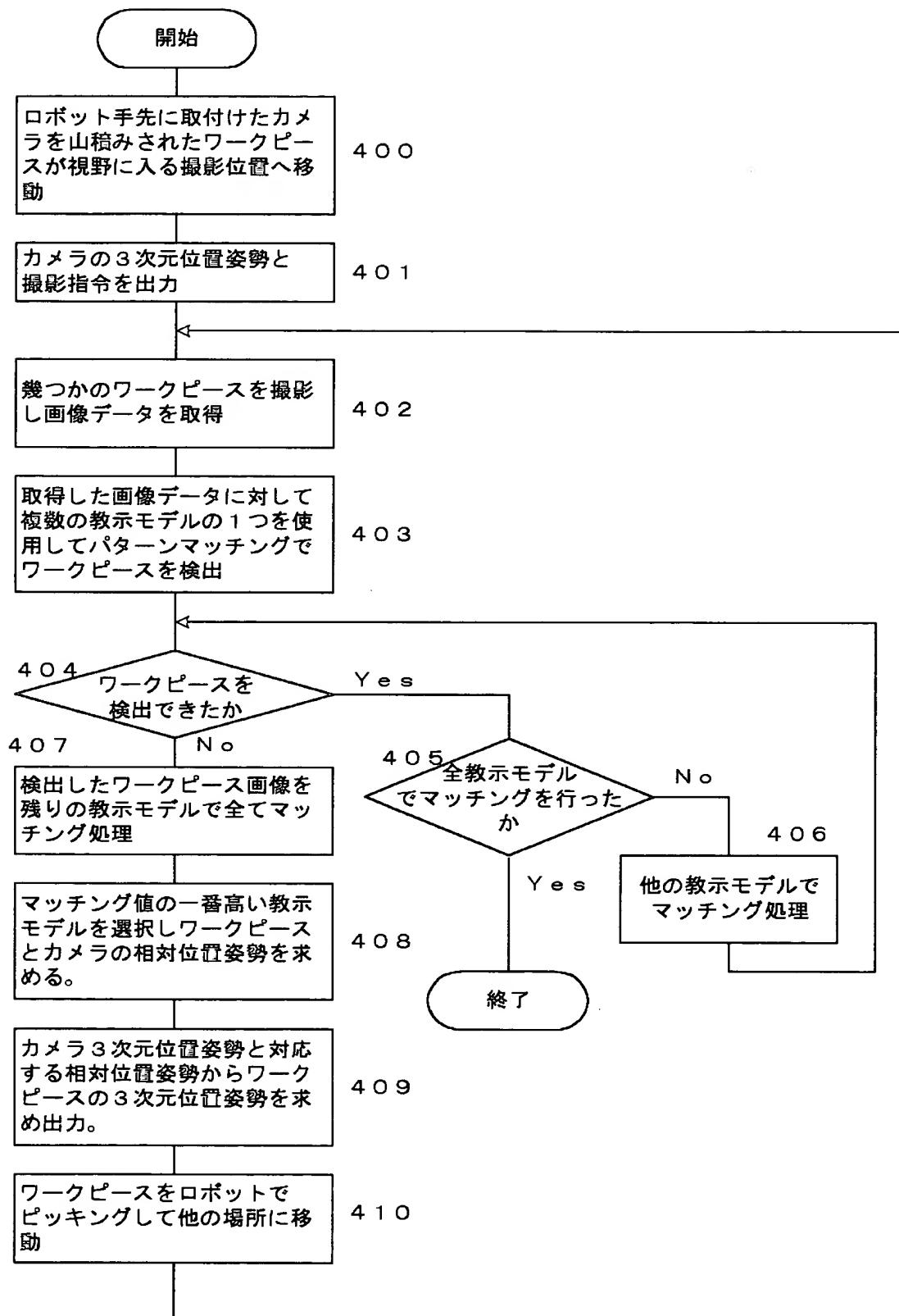
【図8】



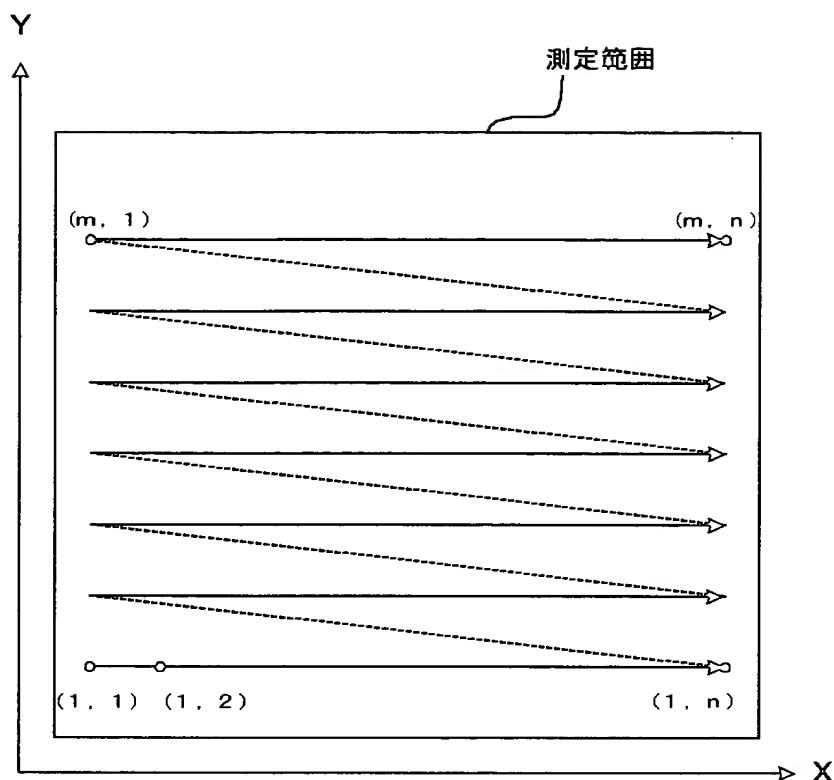
【図9】



【図10】



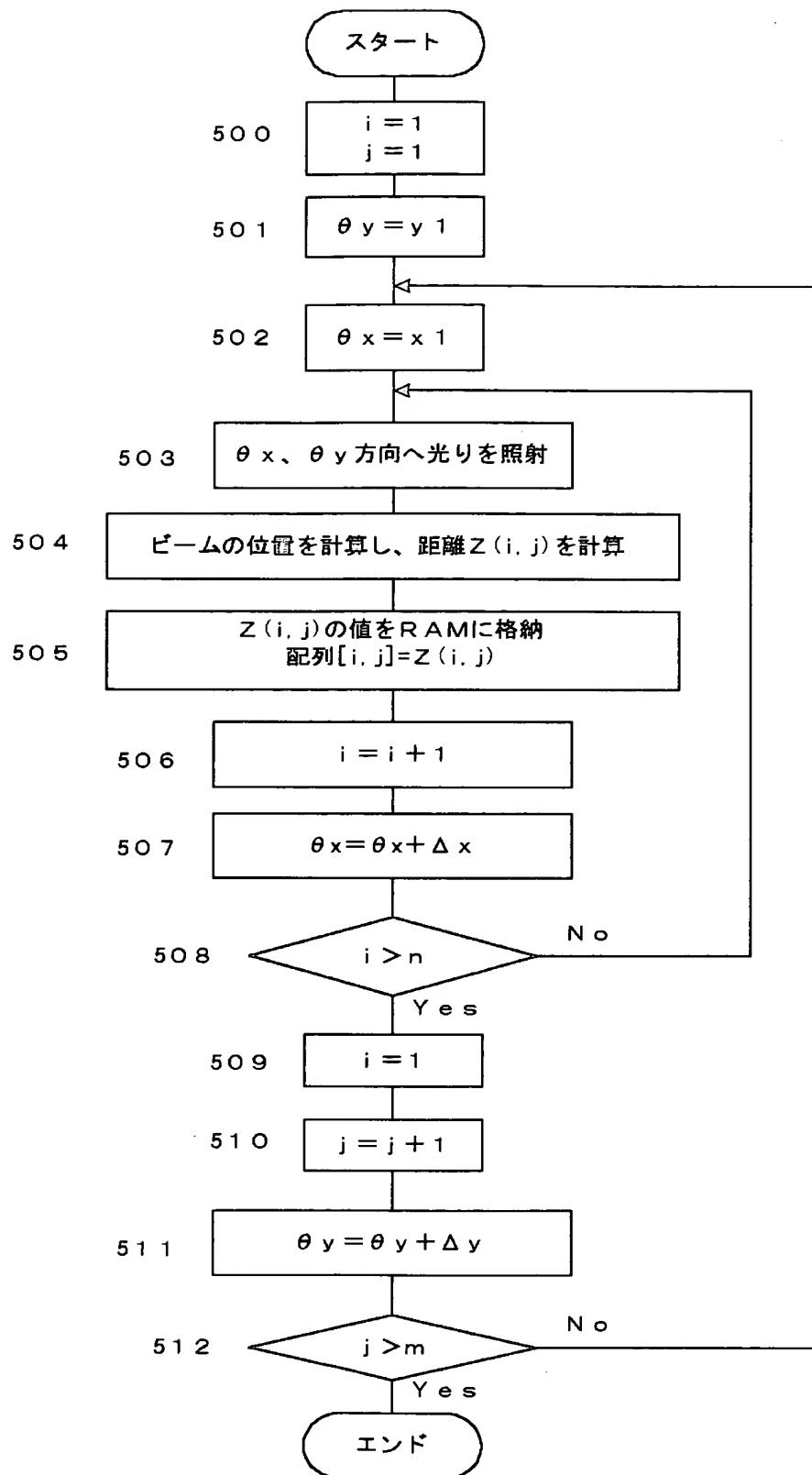
【図11】



【図12】

Z(m, 1)	...	...	...	...	Z(m, n)
...
...
...	...	Z(i, j)	...	...	...
...
Z(1, 1)	Z(1, 2)	...	...	...	Z(1, n)

【図13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 3次元位置姿勢を検出するための教示モデルを簡単に得る。

【解決手段】 検出対象物の1つのワークピースWを所定位置に固定しておく。

ロボットRBの先端にカメラ20を取り付ける。ワークピースWの中心位置を通りカメラの光軸に垂直な軸周りにカメラを回転させて方向の異なる複数の位置でワークピースWを撮像する。この撮像した各画像データから教示モデルを生成する。かつ、教示モデルに対応してワークピースWとカメラ20の相対位置姿勢をも記憶する。ワークピースが3次元でその姿勢を変えた教示モデルが簡単に生成できる。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号 平成11年 特許願 第101890号
受付番号 59900334824
書類名 特許願
担当官 第三担当上席 0092
作成日 平成11年 4月12日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成11年 4月 8日

次頁無

出願人履歴情報

識別番号 [390008235]

1. 変更年月日 1990年10月24日

[変更理由] 新規登録

住 所 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地
氏 名 ファナック株式会社